Aus dem Pharmakologischen Institut der Westfälischen
Wilhelms-Universität Münster (Westf.)
Direktor: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund

Ueber Gewebsphosphatasen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen
Wilhelms-Universität Münster (Westf.)

Vorgelegt von
Lorenz Koch, Zahnarzt
aus Münster (Westf.)

1933

Druckausführung Franz Grube, Werne a. d. Lippe

Dekan: Prof. Dr. P. Esch.

Referent: Privatdozent Dr. med. et phil. W. Haarmann.

Korreferent: Prof. Dr. med. et phil. H. Freund.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster i. W.

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547224_0120

Ueber Gewebsphosphatasen.

Der Abbauweg der Kohlehydrate führt über eine ganze Reihe von komplizierten Stufenreaktionen, die von den verschiedensten Abbaufermenten in die Wege geleitet werden, schließlich zu den Endprodukten im Abbau, also zu CO_2 und H_2O. Zwischenglieder im Abbau sind die Zuckerphosphorsäureester. Der Phosphatstoffwechsel ist also mit dem Zuckerstoffwechsel eng verbunden. Dabei spielen Fermente eine Rolle, die Phosphorsäure an Zucker anlagern und aus den gebildeten Estern wieder abspalten, also das System Phosphatese-Phosphatase. Diese Vorgänge spielen sich sowohl bei der Hefegärung wie beim Zuckerabbau im tierischen Gewebe ab. Ob der Mechanismus in beiden Fällen gleich ist, ist nicht erwiesen. Die Gewebsphosphatasen sind dadurch charakterisiert, daß sie spezifisch auf organische Ester der Phosphorsäure einwirken. Eine bedeutende biologische Rolle spielen vor allem die Glyzerinphosphorsäure, Zuckerphosphorsäure, Kreatinphosphorsäure (Phosphogen) und die Adenyl-Pyro-Phosphorsäure. Die links drehende $^{\alpha}$-Glyzerinphosphorsäure ist ein wichtiger Bestandteil der Lipoide, besonders des Lecithins. Sie ist im Lecithin an zwei Fettsäurereste und an Cholin gebunden. Die Fettsäuren werden aus ihrer Bindung an Glyzerin durch die gewöhnlichen Lipasen, vielleicht auch durch spezifische Lecithasen abgespalten. Die Abspaltung der Phosphorsäure ist das Werk eines besonderen spezifischen Fermentes, der Glyzerophosphatase. Dieses Ferment ist nach Neuberg [1] in höherer Wirksamkeit in Hefen enthalten, ferner auch im Tierkörper. P. Grosser und J. Husler [2] wiesen das Ferment in der Darmschleimhaut und Niere nach, in Leber und Milz findet sich nach ihnen das Ferment nur spurenweise, während Pankreas, Skelettmuskel und Herzmuskel es überhaupt nicht enthalten. Forrai [3] zeigte das Vorkommen des Ferments in Nebenniere, Schilddrüse, Hoden und Carcinom.

---

[1]) C. Neuberg u. Karczak, Bioch. Zs. 36, 60, 1911.
[2]) P. Großer u. J. Husler, Bioch. Zs. 39, 1, 1912.
[3]) E. Forrai, Bioch. Zs. 142, 282, 1932; 145, 54, 1924.

Eine sehr wichtige Rolle im intermediären Kohlehydratabbau spielen die Zuckerphosphorsäureester. Ein regelmäßiger Bestandteil der Gewebe ist der Hexosemonophosphorsäureester (Embdenester), der von Embden als Laktacidogen bezeichnet wird. Auch bei der Hefegärung sind eine Reihe von Phosphorsäureestern aufgefunden worden. Bei diesen Estern handelt es sich zum Teil um Monoester, zum Teil um Di-ester. Monoester sind neben den Embdenestern der Robinson- und der Neubergester. Di-ester sind der Harden-Joungsche-Ester und die durch sekundäre Umwandlungen im absterbenden Gewebe, besonders in Gegenwart von Fluorid entstehenden Lohmannester I und II. Der mit Phosphorsäure veresterte Zucker ist entweder Glukose oder Fruktose. Die soeben genannten Ester sind Mischester, d. h. sie enthalten neben der Glukosephosphorsäure auch Fruktosephosphorsäure. Der Embdenester besteht vorwiegend aus Glukosephosphorsäure, der Neubergester aus Fruktosephosphorsäure, der Robisonester steht in der Mitte. Die Harden-Joungsche-Säure ist fast eine reine Fruktosediphosphorsäure; sie bildet sich auch im Muskel aus den Monoestern durch Anlagerung von Phosphat und Umlagerung des Zuckermoleküls.

Die Hexosediphosphorsäureester werden im Muskel in Milchsäure und freie Phosphorsäure zerlegt, die Spaltung geht auch in zellfreien Säften vor sich, wie Embden und Mitarbeiter [4]) feststellten. Nach Euler [5]) spalten die Extrakte aus Darmschleimhaut und Pferdeniere die bei der Hefegärung entstehende Hexosediphosphorsäure, auch Zymophosphat genannt. Nach Harding [6]) ist Ochsenpankreas unwirksam, ebenso nach Plimmer [7]) Pankreas und die Leber. Nach den Untersuchungen der Embdenschen Schule besitzen auch Milz, Niere und Hoden ein Spaltungsvermögen für die Hexosediphosphorsäure. Forrai [8]) wies das Ferment in allen menschlichen Organen nach, am reichlichsten in der Schilddrüse und am wenigsten im Blut. Nach Takahashi [9]) sind Niere und Milz besonders wirksam.

Aufgabe der vorliegenden Arbeit war, das Spaltungsvermögen einer Reihe von Organen für Hexosediphosphorsäure und Glyzerinphosphorsäure zu prüfen. Da die gleichen Organe von

---

[4]) G. Embden u. Mitarbeiter. Zs. für Physiol Chem. 93, 1, 54, 124, 1914.
[5]) Euler u. Mitarbeiter. Zs. für Physiol. Chem. 77, 488, 1912; 79, 375, 1912; 92, 292, 1914.
[6]) V. J. Harding, Proc. roy. soc. ser. b. 85, 418, 1912.
[7]) A. R. Plimmer, Bioch. J. L. 7, 43, 1913.
[8]) E. Forrai, Bioch. Zeitschr. 145, 47, 54, 1924.
[9]) J. Takahashi, Bioch. Zs. 154, 178, 1924.

verschiedenen Tieren ein stark wechselndes Spaltungsvermögen für die Ester aufweisen, sind die mit den verschiedenen Geweben erhaltenen Versuchsergebnisse nach den zur Untersuchung kommenden Organen und nach Tieren zusammengestellt.

Geprüft wurde die Phosphor-Abspaltung (P-abspaltung) aus Hexosediphosphorsäure (Candiolin) und aus Glyzerinphosphorsäure. Die Säuren kamen in Form ihrer Natriumsalze zur Anwendung. Die Phosphorsäure wurde colorimetrisch in Trichloressigsäurefiltrat nach den von Lohmann-Jentrassik [10]) modifiziertem Verfahren von Fiske und Subbarow [11]) bestimmt.

Die Versuche hatten folgende Zusammensetzung:

1. 1 gr. Gewebe, 4 ccm H_2O (Nullversuch)
2. 1 gr. Gewebe, 4 ccm Hexosediphosphat $^1/_2$ %
3. 1 gr. Gewebe, 4 ccm Glyzerinphosphat $^1/_2$ %

Die Versuchsdauer betrug in allen Fällen, in denen nichts besonders angegeben ist, 3 Stunden, die Thermostatentemperatur war 38°. Die Versuche wurden durch Zusatz von 15 ccm 5 %iger Trichloressigsäure enteiweißt und in dem Filtrat die Phosphorsäure bestimmt. Der Anfangsgehalt des Gewebes an Phosphat wurde in dem direkt zu Versuchsbeginn enteiweißtem Gewebe ermittelt. Die in den zugesetzten Estern enthaltene anorganische Phosphatmenge ist in den Tabellen jeweils abgezogen. Alle zur Untersuchung kommenden Lösungen waren mit Toluol gesättigt, um Bakterienwachstum zu verhindern. Versuchstiere waren Hund und Kaninchen, in einem Falle Rind. Alle Phosphatwerte sind in mg-P auf 100 gr. Gewebe angegeben.

---

[10]) K. Lohmann u. L. Jentrassik, Bioch. Zs. 178, 419, 1926.
[11]) C. H. Fiske u. J. Subbarow, Journ. of biol. Chem. 66, 375, 1925.

Tabelle I

Skelettmuskel mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

Nr	Direkt	Null	Hexosediphosphat	Glyzerinphosphat	P-Abspaltung		Versuchstier
					Hexosediph.	Glyzerinphosphat	
1	130	176	432	186	256	10	Hund
2	104	136	232	152	96	16	"
3	74	104	352	150	248	46	"
4	78	100	232	138	132	38	"
5	78	100	268	130	168	30	"
6	123	146	276	174	130	28	"
7	79	116	196	122	80	6	"
1	128	136	248	152	112	16	Kaninchen
2	166	182	504	248	322	66	"
3	55	108	248	110	130	2	"
4	48	110	236	114	126	4	"
5	94	138	260	163	122	25	"
6	146	156	260	192	104	36	"
7	50	122	464	192	342	70	"

Tabelle II

Zwerchfell mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

1	90	118	180	192	62	74	Hund
2	48	72	248	80	174	8	"
3	58	80	224	116	144	36	"
4	64	96	272	142	176	46	"
5	70	88	196	108	108	20	"
6	51	57	109	89	52	32	"
7	69	102	188	108	86	6	"
2	102	118	280	169	62	51	Kaninchen

Versuchsergebnisse.

Versuchsserie I.

Die folgenden Versuchsergebnisse an der Skelettmuskulatur von Hund und Kaninchen sind in Tabelle I zusammengefaßt.

Wie aus den Versuchen hervorgeht, ist die Hexosediphosphatase des Skelettmuskels ganz erheblich wirksamer als die Glyzerinphosphatase. Kaninchen- und Hundemuskulaturen entsprechen sich in ihrem Verhalten annähernd. Die durchschnittlichen P-abspaltungen durch Hundemuskulatur betragen 159 mg %-P für die Hexosediphosphorsäure, durch Kaninchenmuskulatur 181 mg %-P. Die entsprechenden Werte betragen für die Glyzerinphosphorsäure 25 bzw. 31 mg %-P. Die Hexosediphosphatase des Hundemuskels ist also der Glyzerinphosphatase ungefähr an Wirksamkeit 6 mal überlegen, des Kaninchenmuskels ebenfalls 6 mal. Es sei hier besonders hervorgehoben, daß die angeführten Werte nur Durchschnittswerte aus je 7 Einzelversuchen darstellen. Die Streuungen in den P-werten bei den einzelnen Versuchstieren sind sehr groß. So beim Kaninchenmuskel 104 mg %-P, beim Hundemuskel 80 mg %-P, bzw. 256 mg %-P für Hexosediphosphorsäure, dagegen sind für die Glyzerinphosphorsäure die Minimalwerte beim Hund 6 und beim Kaninchen 2 mg %-P, die Maximalwerte 46 bzw. 70 mg %-P. Aus diesen Zahlen ergibt sich, daß die Skelettmuskulatur bei einer Reihe von Versuchstieren überhaupt keine bzw. unwirksame Glyzerinphosphatase enthält.

Vergleicht man die aus Hexosediphosphat abgespaltenen P-werte mit den von Haarmann [12]) gefundenen Milchsäuremengen, so ergibt sich eine gute Uebereinstimmung. Um die P-werte mit den Milchsäurewerten in Beziehung zu bringen, muß man sie mit 2,9 multiplizieren. Die Durchschnittswerte aus 7 Hundeversuchen betragen in meinen Versuchen 159 mg %-P, entsprechend einer Milchsäuremenge von 461 mg%. Die Durchschnittswerte aus ebenfalls 7 Hundeversuchen machen bei Haarmann 516 mg % Milchsäure aus. Auch die Streuungen der Milchsäurenachbildungen aus Hexosediphosphat sind bei Haarmann von denselben Größenordnungen wie die Streuungen in den P-werten. Der in eigenen Versuchen minimalste P-wert von 80 mg % = 232 mg % Milchsäure entspricht einem Minimalwert an Milchsäure von 221 mg %. Der Maximalwert von 256 mg %-P =

[12]) W. Haarmann, Bioch. Zs. 255. 103, 1932.

745 mg % Milchsäure stimmt mit dem Maximalwert von 684 mg % Milchsäure gut überein. Die beobachteten P-werte bei der Kaninchenmuskulatur ergeben ein gleiches Bild. Man kann aus diesen Versuchen die Schlußfolgerung ziehen, daß im Skelettmuskel die P-abspaltung und Milchsäurebildung aus Hexosediphosphat parallel verlaufen und intermediäre Spaltprodukte sich im Gewebe nicht anhäufen.

Tabelle III

Zunge mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

Nr	Direkt	Null	Hexosediphosphat	Glyzerinphosphat	P-Abspaltung		Versuchstier
					Hexosediph.	Glyzerinphosphat	
1	52	76	180	104	104	28	Hund
2	34	48	144	90	96	42	"
3	44	68	152	88	84	20	"
4	44	76	208	98	132	22	"
5	42	60	148	70	88	10	"
6	51	69	163	125	94	56	"
7	53	64	132	96	68	32	"
2	80	148	368	160	220	12	Kaninchen

Tabelle IV

Herz mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

1	92	102	200	168	98	66	Hund
2	50	64	164	96	100	32	"
3	68	102	232	126	130	24	"
4	55	67	188	112	119	45	"
5	56	73	180	84	87	11	"
6	47	78	89	88	11	10	"
7	44	78	112	96	34	18	"
1	64	76	140	124	64	48	Kaninchen
2	68	88	224	172	136	84	"
3	27	44	110	124	66	80	"
4	20	40	134	122	94	82	"

Versuchsserie II.

Nach den Untersuchungen von Haarmann verhalten sich einige quergestreifte Muskulaturen abweichend von der Skelettmuskulatur. Es sind das die quergestreiften Muskulaturen Zunge, Zwerchfell und Oesophagus. Diese 3 Muskelarten weichen in der Weise vom Skelettmuskel ab, daß sie Glykogen nicht in Milchsäure überführen können. Von den untersuchten Kohlehydraten wird lediglich die Hexosediphosphorsäure in Milchsäure gespalten.

In eigenen Versuchen wurden die Phosphatasen in Zwerchfell und Zunge vom Hund untersucht. Die Versuchsergebnisse sind aus Tabelle II und III zu ersehen.

Aus den Versuchen geht hervor, daß die Muskulatur von Zwerchfell und Zunge Hexosediphosphat wesentlich schwächer zerlegen, als der Skelettmuskel. Die Hexosediphosphatase des Zwerchfells ist wirksamer als die der Zunge. Das stimmt mit den Versuchen von Haarmann überein, der auch für die Zungenmuskulatur ein geringes Bildungsvermögen von Milchsäure feststellte. Die durchschnittliche P-abspaltung beträgt beim Zwerchfell 119 mg %, bei der Zunge 94 mg %-P. Diese Werte entsprechen einer Milchsäuremenge von 345 mg% Milchsäure, bzw. 273 mg %. Die Durchschnittswerte betragen bei Haarmann 196, bzw. 124 mg % Milchsäure. Die P-abspaltung ist also größer als der Milchsäurebildung entspricht, während beim Skelettmuskel die Uebereinstimmung gut war. Die Streuungen der P-abspaltung in den einzelnen Versuchen sind sehr groß. Die Maximalwerte betragen beim Zwerchfell 176, bei der Zunge 132 mg %-P, die Minimalwerte 52, bzw. 68 mg %-P.

Auch in den Versuchen von Haarmann sind bei Geweben von verschiedenen Tieren die gleichen Schwankungen gefunden.

Die Glyzerinphosphatase von Zwerchfell und Zunge ist in ihrem Verhalten etwas stärker als die Glyzerinphosphatase des Skelettmuskels.

Versuchsserie III.

Das Herz als Stoffwechselorgan ist in seinem Verhalten hinsichtlich seines Milchsäurebildungsvermögens aus zugesetzten Kohlehydraten gänzlich verschieden vom Skelettmuskel und den übrigen quergestreiften Muskulaturen. Der Skelettmuskel zieht vorwiegend Glykogen und Hexosediphosphat, nicht

aber Glykose zur Milchsäurebildung heran. Der Herzmuskel dagegen verwertet in erster Linie Glykose, nicht aber Glykogen und Hexosediphosphat nur in geringem Umfange. Die aus zugesetzten Kohlehydraten gebildete Milchsäuremenge beträgt nach Versuchen von Haarmann beim Skelettmuskel aus Glykogen 637 mg %, bzw. 64 mg %, aus Glykose 17 bzw. 507 mg %, aus Hexosediphosphat 538, bzw. 83 mg %. Man ersieht hieraus, daß die beiden Stoffwechseltypen, Skelett- und Herzmuskel, sich in ihrem Bildungsvermögen von Milchsäure aus Kohlehydraten genau entgegengesetzt verhalten. In Tabelle IV sind die eigenen P-abspaltungsversuche mit Herzmuskel zusammengefaßt.

Aus den Versuchen geht hervor, daß die Hydrolyse des Hexosediphosphats im Herzmuskel langsamer von statten geht. Die Streuungen der P-abspaltung sind besonders für Hexosediphosphat sehr groß. Der Minimal-P-Wert beträgt 11, der maximale 133 mg %-P. Dieses starke Schwanken der P-werte stimmt mit den von Haarmann beobachteten Milchsäureausbeuten mit Hexosediphosphat überein. Ist die P-abspaltung gering, kann auch nur wenig Milchsäure gebildet werden.

Die Glyzerinphosphatase des Herzmuskels besitzt fast die gleiche Wirksamkeit wie die des quergestreiften Muskels.

Tabelle V

Leber mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

Nr	Direkt	Null	Hexosediphosphat	Glyzerinphosphat	P-Abspaltung		Versuchstier
					Hexosediph.	Glyzerinphosphat	
1	82	116	252	148	136	32	Hund
2	46	58	188	90	130	32	"
3	56	80	352	172	282	92	"
4	72	90	232	160	142	70	"
5	34	64	156	108	92	44	"
6	43	94	160	152	66	58	"
7	51	90	236	136	146	46	"
1	76	96	100	116	4	20	Kaninchen
2	42	74	356	208	282	34	"
3	35	49	132	66	83	17	"
4	38	58	132	64	82	14	"

Versuchsserie IV.

Die Leber nimmt unter den Organen im Kohlehydratstoffwechsel eine Sonderstellung ein, indem das Milchsäurebildungsmaximum beim verhältnismäßig niedrigen Milchsäuregehalt liegt. Glykose und Glykogen sind als Milchsäurebildner vollkommen unwirksam. Einzig und allein die Hexosediphosphorsäure führt zu einer mäßig hohen Milchsäurenachbildung.

Tabelle V bringt meine Versuchsergebnisse.

Sie zeigen, daß die P-abspaltung aus Hexosediphosphat von Tier zu Tier ganz enorm schwankt. Minimalwert beim Hund ist 32 mg %, beim Kaninchen 4 %, Maximalwert 282, bzw. 282 mg %. Diesen starken Streuungen entspricht ein ebenso starkes Schwanken der Milchsäurewerte bei Haarmann. Die Glyzerinphosphatase der Leber erweist sich durchschnittlich wirksamer als die der bisher untersuchten Organe. Das ist aber nur beim Hund der Fall, nicht beim Kaninchen.

Tabelle VI

Niere mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

Nr.	Direkt	Null	Hexosediphosphat	Glyzerinphosphat	P-Abspaltung		Versuchstier
					Hexosediph.	Glyzerinphosphat	
1	38	46	232	182	186	136	Hund
2	44	56	140	196	84	140	"
3	44	72	312	182	240	110	"
4	44	68	316	188	248	120	"
5	48	64	244	228	180	164	"
6	71	86	234	159	168	73	"
7	54	82	176	138	94	56	"
8	50	82	136	160	54	78	"
9	50	80	236	172	156	92	"
1	56	82	180	158	98	76	Kaninchen
2	56	80	296	264	216	134	"
3	31	50	120	156	70	106	"
4	28	48	126	156	78	108	"
I	44	52	188	144	136	92	Rind
II	50	89	208	172	119	83	"

Versuchsserie V.

Ein neuer Stoffwechseltyp tritt uns in der Niere entgegen. Sie bildet aus allen zugesetzten Kohlehydraten Milchsäure, wenn auch die Höhe der Milchsäurewerte verschieden ist; am leichtesten führt die Niere Glykose in Milchsäure über, wesentlich schwächer Glykogen und Hexosediphosphorsäure.

Meine Versuche (Tabelle VI) lassen erkennen, daß die Phosphatasen der Niere stark wirksam sind, wenn auch die P-abspaltung bei den verschiedenen Tieren stark schwankt. Die Glyzerinphosphatase erweist sich als ebenso wirksam wie die Hexosediphosphatase. Die Niere verhält sich hier also prinzipiell anders als alle bisher untersuchten Organe. In einer Reihe von Fällen ist die Glyzerinphosphatase sogar der Hexosediphosphatase überlegen. Die Wirkungsstärke der Hexosediphosphatase entspricht annähernd der des Skelettmuskels und der Leber. Die Wirksamkeit der Glyzerinphosphatase des Muskels entspricht ungefähr $^1/_6$ der Hexosediphosphatase, der Niere dagegen $^4/_5$.

Rechnet man die erhaltenen P-werte auf Milchsäure um, so ergibt sich als Mittelwert eine Milchsäurebildung aus Hexosediphosphorsäure von 388 mg %. Vergleicht man mit diesen Werten die von Haarmann erhaltenen Milchsäurewerte, so ersieht man, daß die Minimalwerte der P-abspaltung den Maximalwerten der Milchsäurebildung entsprechen, während beim Skelettmuskel eine vollkommene Uebereinstimmung besteht. Man darf hieraus die Schlußfolgerung ziehen, daß, da die Hexosediphosphatase der Niere und des Muskels gleich stark wirksam sind und die Milchsäureausbeute beim Skelettmuskel 6 mal so hoch ist wie bei der Niere, der Mechanismus der P-abspaltung in diesen beiden Organen verschieden sein muß. In diesem Sinne sprechen auch die Untersuchungen von Meinnert,[13]) die für die Hexosediphosphatase des Muskels eine andere Giftempfindlichkeit feststellte, wie für die der Nierenphosphatase.

Versuchsserie VI.

Der Phosphatasegehalt in der Milz stimmt mit dem des Herzmuskels annähernd überein, wie aus Tabelle VII hervorgeht. Im Gegensatz zu der nicht unerheblichen P-abspaltung aus Hexosediphosphat ist die Milchsäurebildung nur sehr ge-

[13]) S. Meinnert, Inaugural-Dissertation Münster i. Westf. 1933.

ring. Die erhaltenen Milchsäurewerte betragen nur 40 mg %. Nach der P-abspaltung würde sich ein Wert von 260 mg % ergeben. Für die Milz gilt also das gleiche wie für die Niere Gesagte. Beachtenswert ist, daß die Glyzerinphosphatase der Milz vom Kaninchen im Gegensatz zum Hund enorm wirksam ist und beim Kaninchen von derselben Größenordnung wie bei der Niere von Hund und Kaninchen.

Für das Pankreas ergibt sich im P-Stoffwechsel annähernd das gleiche Bild wie für die Milz. Alles weitere ist aus Tabelle VIII zu entnehmen.

Tabelle VII

Milz mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

Nr.	Direkt	Null	Hexosediphosphat	Glyzerinphosphat	P-Abspaltung		Versuchstier
					Hexosediph.	Glyzerinphosphat	
1	41	88	102	116	14	28	Hund
2	19	78	136	86	58	12	"
3	29	80	192	96	112	16	"
4	32	44	160	82	116	38	"
5	23	52	176	82	124	30	"
6	43	78	196	126	118	46	"
1	90	155	230	299	85	144	Kaninchen
2	64	116	364	357	248	241	"

Tabelle VIII

Pankreas mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

1	32	56	94	116	38	60	Hund
2	32	44	70	104	26	60	"
3	34	86	204	94	118	8	"
4	34	56	168	84	112	28	"
5	28	66	184	80	118	14	"
6	28	46	80	60	34	14	"
7	44	48	116	88	68	40	"

Versuchsserie VII.

Von den untersuchten Organen ist der Phosphatasegehalt von Schilddrüse und Hirn am niedrigsten, wie aus Tabelle IX und X hervorgeht. Die Streuungen in den Einzelwerten sind, wie auch bei den übrigen Organen erheblich. Die Hexosediphosphatase ist auch hier bedeutend stärker als die Glyzerinphosphatase.

Tabelle IX

Schilddrüse mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

Nr.	Direkt	Null	Hexosediphosphat	Glyzerinphosphat	P-Abspaltung		Versuchstier
					Hexosediph.	Glyzerinphosphat	
1	16	25	44	70	19	45	Hund
2	34	52	146	132	94	80	"
3	22	34	100	88	66	54	"
4	28	35	144	64	109	29	"
5	20	25	96	44	71	19	"
6	42	45	153	56	108	11	"

Tabelle X

Hirn mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

1	22	32	66	64	34	32	Hund
2	15	28	82	66	54	38	"
3	31	41	160	78	119	37	"
4	27	36	128	65	92	29	"
5	27	56	127	77	71	21	"
6	24	52	92	58	40	6	"
2	62	66	216	148	150	92	Kaninchen

Zusammenfassung.

Es wurde die Fähigkeit der verschiedensten Organe untersucht, die zugesetzten Phosphorsäureester Hexosediphosphorsäure und Glyzerinphosphorsäure hydrolytisch zu zerlegen. Der Zuwachs an anorganischem Phosphat ist ein Maß für das Spaltungsvermögen der Phosphatasen.

In Tabelle XI sind die Versuche zusammengefaßt. Der Phosphatasegehalt der einzelnen Organe ist sehr verschieden. Wirksame Phosphatasen sind in allen Geweben nachzuweisen. Eine sehr wirksame Hexosediphosphatase weist der Skelettmuskel, das Zwerchfell, die Leber und die Niere auf. Der Glyzerinphosphatasegehalt aller Organe zeigt annähernd dieselben Werte. Er beträgt nur einen Bruchteil des Hexosediphosphatasegehaltes. Eine Ausnahme macht die Niere, welche die Phosphatasen in annähernd gleicher Wirksamkeit erhält.

Tabelle XI

Mittelwerte der P-Abspaltung Versuchstier: Hund

Organ	Hexosediphosphat			Glyzerinphosphat		
	Mittelwert	Minimalwert	Maximalwert	Mittelwert	Minimalwert	Maximalwert
1. Skelettmuskel	159	80	256	25	6	46
2. Zwerchfell	119	52	176	32	6	74
3. Zunge	94	68	132	30	20	56
4. Herz	83	11	130	29	10	66
5. Leber	142	66	282	68	32	92
6. Niere	134	54	248	108	56	164
7. Milz	90	14	124	28	12	46
8. Pankreas	73	26	118	32	8	60
9. Schilddrüse	78	19	109	40	11	80
10. Hirn	64	14	119	28	12	38
Mittelwerte der P-Abspaltung Versuchstier: Kaninchen						
1. Skelettmuskel	181	104	342	31	2	70
2 Herz	90	64	136	74	48	84
3. Leber	113	4	282	21	14	34
4. Niere	115	70	216	106	76	134

Die Schwankungen des Phosphatasegehaltes bei verschiedenen Tieren sind sehr groß. Um das P-abspaltungsvermögen der einzelnen Organe desselben Tieres vergleichen zu können, sind in den folgenden Tabellen XII bis XXII die an demselben Tiere erhaltenen Phosphorsäurewerte getrennt angeführt. Es ergeben sich beim selben Tiere zum Teil erhebliche Unterschiede in der Wirksamkeit der Phosphatasen, die von den allgemeinen Durchschnittswerten abweichen. So ist z. B. die Hexosediphosphatase des Skelettmuskels durchschnittlich wirksamer als die der übrigen quergestreiften Muskulaturen, von Zwerchfell und Zunge. Bei Hund II und IV liegen die Verhältnisse anders. Hier ist die Hexosediphosphatase des Zwerchfells der des Skelettmuskels überlegen. In anderen Fällen wiederum ist der Phosphatasegehalt aller Organe im Durchschnitt gesteigert oder gehemmt. So werden z. B. bei Hund III und IV für alle Organe hohe P-Werte beobachtet, nicht aber bei Hund I, II und VII.

Die starken Unterschiede des Phosphatasengehaltes kommen beim Kaninchen vielleicht noch besser heraus. Man vergleiche hierzu vor allem Kaninchen I und II. Bei Kaninchen II machen unter gleichen Bedingungen die P-Werte ungefähr den doppelten Betrag aus, wie beim Kaninchen I. Worauf die starken Unterschiede des Phosphatasegehaltes zurückzuführen sind, das kann nicht ohne weiteres gesagt werden. Wahrscheinlich ist ein verschiedener Hormongehalt der Gewebe dafür verantwortlich. Man kann da vielleicht an das Schilddrüsenhormon denken. Ist der Grundumsatz gesteigert, kann man eine stärkere Wirksamkeit der Phosphatasen erwarten, da sie vor allem für den Abbau der Kohlehydrate unentbehrlich sind.

Tabelle XII

Hund I mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.
Datum: 22. 9. 33

Organ	Direkt	Null	Hexosedi-phosphat	Glyzerin-phosphat	P-Abspaltung Hexosedi-phosphat	P-Abspaltung Glyzerin-phosphat
1. Skelettmuskel	130	176	432	186	256	10
2. Zwerchfell	90	118	180	192	62	74
3. Zunge	52	76	180	104	104	28
4. Herz	92	102	200	168	98	66
5. Leber	82	116	252	148	136	32
6. Niere	38	46	232	182	186	136
7. Milz	41	88	102	116	14	28
8. Pankreas	32	56	94	116	38	60
9. Schilddrüse	16	25	44	70	19	45
10. Hirn	22	32	66	64	34	32

Tabelle XIII

Hund II mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std
Datum: 26. 9. 33

1. Skelettmuskel	104	136	232	152	96	16
2. Zwerchfell	48	72	248	80	174	8
3. Zunge	34	48	144	90	96	42
4. Herz	50	64	164	96	100	32
5. Leber	46	58	188	90	130	32
6. Niere	44	56	140	196	84	140
7. Milz	19	78	136	86	58	12
8. Pankreas	32	44	70	104	26	60
9. Schilddrüse	34	52	146	132	94	80
10. Hirn	15	28	82	66	54	38

Tabelle XIV

Hund III mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std
Datum 5. 10. 33

1. Skelettmuskel	74	104	352	150	248	46
2. Zwerchfell	58	80	244	116	144	36
3. Zunge	44	68	152	88	84	20
4. Herz	68	102	232	126	130	24
5. Leber	56	80	352	172	282	192
6. Niere	44	72	312	182	240	110
7. Milz	29	80	192	96	112	16
8. Pankreas	34	86	204	94	118	8
9. Schilddrüse	22	34	100	88	66	54
10. Hirn	31	41	160	78	119	37

Tabelle XV

Hund IV mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.
Datum: 16. 10. 33

Organ	Direkt	Null	Hexosedi-phosphat	Glyzerin-phosphat	P-Abspaltung Hexosedi-phosphat	P-Abspaltung Glyzerin-phosphat
1. Skellettmuskel	78	100	232	138	132	38
2. Zwerchfell	64	96	272	142	176	46
3. Zunge	44	76	208	98	132	22
4. Herz	55	67	188	112	119	45
5. Leber	72	90	232	160	142	70
6. Niere	44	68	316	188	248	120
7. Milz	32	44	160	82	116	38
8. Pankreas	34	56	168	84	112	28
9. Schilddrüse	28	35	144	64	109	29
10. Hirn	27	36	128	65	92	29

Tabelle XVI

Hund V mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.
Datum: 18. 10. 33

1. Skelettmuskel	78	100	268	130	168	30
2. Zwerchfell	70	88	196	108	108	20
3. Zunge	42	60	148	70	88	10
4. Herz	56	73	180	84	87	11
5. Leber	34	64	156	108	92	44
6. Niere	48	64	244	228	180	164
7. Milz	23	52	176	82	124	30
8. Pankreas	28	66	184	80	118	14
9. Schilddrüse	20	25	96	44	71	19
10 Hirn	27	56	127	77	71	21

Tabelle XVII

Hund VI mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

1. Skelettmuskel	123	146	276	174	130	28
2. Zwerchfell	51	57	109	89	52	32
3. Zunge	51	69	163	125	94	56
4. Herz	47	78	89	88	11	10
5. Leber	43	94	160	152	66	58
6. Niere	71	86	234	159	168	73
7. Milz	43	78	196	126	118	46
8. Pankreas	28	46	80	60	34	14
9. Schilddrüse	42	45	153	56	108	11
10. Hirn	24	48	62	60	14	12

Tabelle XVIII

Hund VII mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

Organ	Direkt	Null	Hexosedi-phosphat	Glyzerin-phosphat	P-Abspaltung Hexosedi-phosphat	P-Abspaltung Glyzerin-phosphat
1. Skelettmuskel	79	116	196	122	80	6
2. Zwerchfell	69	102	188	108	86	6
3. Zunge	53	64	132	96	68	32
4. Herz	44	78	112	96	34	18
5. Leber	51	90	236	136	146	46
6. Niere	54	82	176	138	94	56
7. Pankreas	44	48	116	88	68	40

Tabelle XIX

Kaninchen I mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.
Datum: 28. 9. 33

Organ	Direkt	Null	Hexosedi-phosphat	Glyzerin-phosphat	P-Abspaltung Hexosedi-phosphat	P-Abspaltung Glyzerin-phosphat
1. Skelettmuskel	128	136	248	152	112	16
2. Herz	64	76	140	124	64	48
3. Leber	76	96	100	116	4	20
4. Niere	56	82	180	158	98	76
5. Milz	90	155	230	299	85	144

Tabelle XX

Kaninchen II mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.
Datum: 9. 10. 33

1. Skelettmuskel	166	182	504	248	322	66
2. Zwerchfell	102	118	280	169	62	51
3. Zunge	80	148	368	160	220	12
4. Herz	68	88	224	172	136	84
5. Leber	42	74	356	208	282	34
6. Niere	56	80	296	264	216	134
7. Milz	64	116	364	357	248	241
8. Hirn	62	66	216	148	150	92

Tabelle XXI

Kaninchen III mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

Organ	Direkt	Null	Hexosedi-phosphat	Glyzerin-phosphat	P-Abspaltung Hexosedi-phosphat	P-Abspaltung Glyzerin-phosphat
1. Skelettmuskel	55	108	248	110	130	2
2. Herz	27	44	110	124	66	80
3. Leber	35	49	132	66	83	17
4. Niere	31	50	120	156	70	106

Tabelle XXII

Kaninchen IV mg % -P Temp. 38° Dauer: 3 Std.

Organ	Direkt	Null	Hexosedi-phosphat	Glyzerin-phosphat	P-Abspaltung Hexosedi-phosphat	P-Abspaltung Glyzerin-phosphat
1. Skelettmuskel	48	110	236	114	126	4
2. Herz	20	40	134	122	94	82
3. Leber	38	50	132	64	82	14
4. Niere	28	48	126	156	78	108

Zum Schlusse meiner Arbeit möchte ich es nicht versäumen, Herrn Privatdozenten Dr. med. et phil. W. Haarmann meinen besonderen Dank für die Anregungen, die er mir bei der Anfertigung der Arbeit gegeben hat, auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich wurde am 3. August 1907 zu Kassel (Hessen-Nassau) geboren. Von 1915 bis 1919 besuchte ich die Volksschule und dann das Wilhelms-Gymnasium zu Kassel. Seit 1924 besuchte ich zu Münster i. Westf. das staatl. Paulinische Gymnasium, bis ich im Jahre 1929 die Reifeprüfung bestand. Seit dem Wintersemester 1929 habe ich Zahnheilkunde studiert. Nach drei Semestern legte ich mein Physikum und nach weiteren vier mein Staatsexamen ab.